# 居民经济及婚育决策模拟系统构建*

欧阳汉 田乃月 吴碧霞 张雨菲 杨再斌

**摘要**：社会经济与人口发展密不可分。人口失衡源于经济社会发展不协调，亦会阻碍经济社会的发展。研究该问题的传统方法往往割裂了两者互为因果的关系，通常局限于宏观数据的归纳，忽略了居民决策背后的内在机理。由于无法演绎异质性居民面临不同政策环境下的决策差异，进而不能对政策结果精准量化。本文为弥补以上缺点，以微观经济学效用最大化原理为基础，结合现实婚育观念，运用智能微元模型（Agent Based Model）思想构建了居民经济及婚育决策模拟系统。该系统中的居民是具备复杂自适应性的。本文先将居民效用函数分为经济效用、配偶效用、子代效用三个部分，其在多类别约束条件下，通过最优化效用，模拟不同年龄段、财富禀赋、工资率、家庭人员状况和预期等异质化居民的决策。随后，在微观和宏观层面验证了该系统演绎的现实合理性。由于该系统可模拟演绎出与现实相一致的居民部类决策和交互，所以通过本系统不仅可观察到从微观涌现至宏观的结构化现象，可从微观因素解释到宏观因果，而且可对政策的效果进行度量，弥补了传统经济模型的缺陷，为大数据时代的经济学研究提供新的范式。

**关键词**：智能微元模型；生育决策；婚姻匹配；经济决策

# Resident Economy and Marriage/Childbearing Decision Simulation System Construction

Ouyang Han, Tian Naiyue, Wu Bixia, Zhang Yufei, Yang Zaibibn

**Abstract:** The development of society and economy is closely intertwined with population dynamics. Population imbalances stem from the lack of coordination in socioeconomic development, and in turn, impede further progress in the economy and society. Traditional approaches to studying this issue often sever the interdependent causal relationship between these factors, typically confining themselves to inductive analysis of macro data and overlooking the intrinsic mechanisms behind resident decision-making. As a result, they fail to deduce the decision disparities of heterogeneous residents under different policy environments, thus impeding precise quantification of policy outcomes.To address these deficiencies, this paper, based on the principle of utility maximization in microeconomics, combined with contemporary marriage and fertility perspectives, utilizes the concept of an intelligent agent-based model to construct a simulation system for residents' economic and marriage/fertility decisions. The residents in this system exhibit complex adaptive behavior. The paper first divides the residents' utility function into three parts: economic utility, spouse utility, and offspring utility. Under multiple constraint conditions, it optimizes utility to simulate the decisions of heterogeneous residents with varied ages, wealth endowments, wage rates, family statuses, and expectations. Subsequently, the realism of the system's deductions is verified at both micro and macro levels.As this system can replicate resident decision-making and interactions consistent with real-world scenarios, it not only allows for the observation of structured phenomena emerging from the micro-level to the macro-level, and the explanation of macro causality from micro factors, but also facilitates the measurement of

* 本项研究得到国家社会科学基金“人口生育政策调整的供给侧与需求侧效应模拟研究”（基金号：20XTJ002）的资助。田乃月为本文通讯作者。

policy effects. This system thus addresses the deficiencies of traditional economic models and provides a new paradigm for economics research in the era of big data.

**Keywords:** ABM; fertility decisions; marriage matching; economic decisions

# 一、引言

全球生育率持续下降，平均生育率已经低于维持人口更替的水平。中国目前也正处于人口结构转变的关键时期，婚姻观念的改变以及生育意愿的下降导致的老龄化等问题已经成为制约经济社会发展的重要因素。2022 年我国初婚人数比上年下降了 9.16%，10 年间，平均初婚年龄推后了近 4 岁，相比较上一代人来说，生育意愿不断降低（风笑天，2017）。生育决策是育龄妇女和所在家庭基于成本收益分析后理性进行的（苏炳南，2022），随成年父母教育水平以及女性工资收入占比的提高而减少（邱幼云，2022）。而平均寿命的延长和生育率的下降进一步导致 60 岁及以上老年人口在总人口中所占比重逐年攀升，2035 年左右 60 岁及以上老年人口将破 4 亿，占比将超 30%，会极大加重社会养老、医疗负担。针对当前的人口形势，中国政府已经采取了一系列的政策措施。然而，现行政策效果并不明显。

人口结构与经济社会是不可分割的一个整体，而传统的研究内容与方法均存在一定局限性，人口结构的相关研究与经济存在割裂，且研究也往往局限于特定影响因素或群体，研究模型只能通过总结宏观数据来分析人口结构变化的规律，而忽视了个体决策过程的内在机制。然而，影响婚育决策的因素多种多样，需要考虑到社会学、经济学、心理学等多个学科领域的知识。人口结构的变动通过劳动力供给、消费、储蓄率以及其他渠道作用于经济增长（陆旸和蔡昉，2021）。对于劳动力市场来说，老龄化社会造成了劳动力数量以及劳动增长率逐渐下降。从生育政策方面看待劳动力供给则存在较大争议，一方面，由于子女照料时间挤占市场就业时间,个体将减少市场劳动时间而更多的投入家务劳动中。生育的劳动供给负效应大于生育的劳动供给正效应，劳动供给进一步降低（汤小庆等，2023）。另一方面，生育行为增加后,个体为了弥补生育所带来的损失,将减少闲暇，将更多时间用于市场工作（赵昕东和王烨，2021）。对于消费来说，蔡昉认为消费水平将随年龄增长而趋于萎缩（蔡昉和王美艳，2021；孙亮亮和蒋耒文，2021）。但针对不同的消费品研究发现，户主年龄对居住、医疗等支出比例呈“U”型关系，对日用品和衣着支出比例呈倒“U”型关系（Wakabayashi，2008）。从收

入结构来看，不同收入层级对生存必需品的消费敏感度存在较大的差异，中低收入组家庭的敏感度要高于高收入组家庭（顾欣和应珊，2018）。从投资方面来说，人在生命周期的不同阶段具有不同的投资意愿和风险偏好（Wang & Hanna，1997），居民年龄与风险偏好呈负相关关系（齐明珠和张成功，2019）。除此之外，家庭规模与风险性资产的选择成反比，即家庭成员数量越多越不可能配置风险性资产（Calvet L E & Sodini，2014）。

最早 Becker 建立了一个描述婚姻搜寻行为的婚姻匹配模型,指出婚姻市场中的男性和女性会基于个体效用最大化的原则进行婚姻搜寻,。针对生育行为，在 Becker 的模型中，家庭效用来自于孩子和消费，孩子是家庭通过投入时间和商品生产出来的一种特殊“商品”，因此生育投入品与消费品的相对价格是影响生育决策的重要因素（Becker，1991）。当生育率与家庭成员的生育意愿（理想子女数量）匹配时，婚姻关系的满意度达到最高，而生育率太高或太低都会使得婚姻的满意度下降（Christensen，1952；Udry，1971）。Rasul 对此进一步进行阐述，当家庭生育数量偏离生育意愿时，将产生一定的效用损失，在家庭生育议价模型中，生育意愿和生育数量呈非线性关系（Rasul，2008）。

本文利用微元模型思想（Agent Based Model）进行建模，微元模型是一种用来模拟具有自主意识的智能体的行动和相互作用的计算模型，其主要在于对人类社会及个人等决策进行建模，需要社会互动、协作、群体行为以及更高层次社会结构（Macal & North，2007），允许人们在“模拟社会实验室”中产生多种情况的未来（Ligmann-Zielinska & Jankowski，2007）。但此模型需要平衡模拟的真实性与模型的复杂性（Boero & Squazzoni，2005），涉及验证、校准以及验证模型与它所代表的现实系统匹配的程度等挑战（Crooks et al，2008）。其具有传统统计模型所不具备的优势，可以处理比传统模型更广泛的非线性行为，模型目的是对个人的行为进行建模，而不是像传统运筹学寻求最佳行为（Macal & North，2006）。在探究经济社会问题过程中，政策制定者可以在不同的政策情景下模拟一个人工经济，并定量探索其后果（Farmer & Foley，2009）。Napoletano 将模型的经济过程描述为异质主体的动态系统，代理人的有限理性和市场不平衡被明确考虑在内（Napoletano & Gaffard，2012），为处理不同主体间的异质性允许代理之间更复杂的交互，不仅可以观察到存在于代理之间的属性和行为的多样性的

影响，也为模拟研究提供了更全面的视角（Dawid et al，2014）。

本文综合考虑经济背景和人口学知识，构建了一个包含经济决策、婚姻决策和生育决策的决策支持系统，结合经济背景和人口学，在博弈论的框架下模拟婚姻匹配和生育行为，从而研究不同政策对居民消费、投资及劳动力供给决策影响，结构化演绎经济发展过程，并预测不同政策和社会变化对人口结构的影响，具有更高的参考价值和理论意义。有助于深刻理解婚姻和生育决策对人口结构的影响规律，为应对人口问题提供更为科学的决策支持。

## 二、模型假设及构建

### （一）属性及符号设定

#### 1．符号设定

由于符号众多，在下文中，我们使用以下符号设定：

① 全体小写的符号表示常数，例如 $cash$ 表示一个变量。

② 首字母大写的符号表示向量，例如 $Anticipation$ 表示一个向量。

③ 前两个字母大写的符号表示矩阵，例如 $PK^{e}$ 表示一个矩阵。

④ $E(.)$ 符号表示取期望

⑤ $(.)^{e}$ 符号表示居民预期达到的状态变量

⑥ 变量名之前增加Δ表示该变量的增量，例如 $k$ 表示变量 $K$ 的增量。

⑦ 变量名之后增加[]表示该变量为列表，取列表中某个位置的元素。

⑧ 变量名右下角的字母 $s$ 、 $s+1$ 分别表示现期与未来状态变量。

⑨ 下标 $(s,v)$ 表示在第 $s$ 期和第 $v$ 次调整中的各个变量值。

⑩ 整体向量符号右下角的数字 $i$ 表示该向量的第 $i$ 个元素。

⑪ 整体矩阵符号右下角的数字 $i$ ， $j$ 表示该向量的第 $i$ 行第 $j$ 列的元素。

#### 2．居民属性

① 自身属性

$$attribute_{s}=\left[id, Para_{s}, Set_{k}, Set_{c}, age, sex, edu, image, area, marry_state, frequency, Fs, employment, trans_pay, q^{e}_{giry}, q^{e}_{boy}, q_{girl}, q_{boy}\right.$$

$id$ ：编号。

$Para_{s}$ :该居民的各种不同的偏好向量或权重系数，每个参数的具体意义见下

文。

$Set_k = \lceil k_1, k_2, ..., k_{nk_s} \rceil$：居民可以买卖的资产类别集合，其中，$k_i$ 表示某项资本品的类别序号，$nk_t$ 表示第 $t$ 期可投资的资产类别数目。

$Set_c = \lceil c_1, c_2, ..., c_{nc_s} \rceil$：居民可以购买的消费类别集合，其中，$c_i$ 表示在某项消费品的类别序号，$nc_t$ 表示第 $t$ 期可消费类别数目。设置原因与资产类集合相似。

$age$：年龄，年龄不仅区分了不同类别的居民，还会影响贴现系数。

$sex$：性别，即：男、女。

$edu$：受教育程度，包括高中及以下学历、大学学历、研究生学历以及博士学历。

$image$：个人形象气质，形象气质良好的个体，在婚姻市场上具有优势。

$area$：地区，婚姻匹配决策中，个体往往选择与自己处在同地区的配偶。

$marry_state$：婚姻状态，0 代表未婚，1 代表已婚。

$frequency$：被拒绝的次数，即个体相亲意愿随着被拒绝次数的增加上升，但被拒绝次数达到一定数值时，对相亲意愿起到抑制作用，即相亲意愿开始下降。

$Fs = \lceil id_{father}, id_{mather}, id_{partner}, Set_{children} \rceil$：家庭结构，其中 $Set_{children}$ 为家庭孩子的 $id$ 列表由于家庭结构的不同，导致个人的家庭负担不同，成员之间转移支付情况不同。

$employment$：是否就业，不同居民具有不同的就业状态，22 岁及以上没有就业的居民会领取政府的事业转移支付。

$trans_pay$：获取的转移支付，22 岁以下人群获取来自家庭的转移支付，22 岁及 22 岁以上的人群一定比例的人群（没有工作）从家庭获取转移支付，其他具有工作收入的则不获取来自家庭的转移支付。

$q^e_{giry}$：预期女孩数量。

$q^e_{boy}$：预期男孩数量。

$q_{girl}$：实际女孩数量。

$q_{boy}$：实际男孩数量。

② 状态属性

$cashc_{s,v}$：之前已经用于消费的总金额；

$C_{s,v} = \lceil c_1, c_2 ... c_{nc_s} \rceil$：本期内当次调整之前已购买各个消费品数量。

$K_{s,v}=\left\lceil k_1,k_2...k_{nk_s}\right\rceil$：本期内当次调整之前已拥有各个资本品数量。

$n_{s,v}$：表示在当期调整之前已经提供的劳动数量。

③ 居民的主观预期

行为主体是具有异质性的，基于自身的情况对未来的预测。假定居民在第 $S$ 期主观预期下一期有 $ncd_{s,v}^e$ 种情况可能发生。下面给出了描述预期的各变量符号。

主观概率向量：$Prob^e=\left(prob_1^e,prob_2^e,...,prob_{ncd_{s+1}}^e\right)$，及每种情况发生的概率。

主观预期工资向量：$Wage^e=\left(wage_1^e,wage_2^e,...,wage_{ncd_{s+1}}^e\right)$，即每种情况下预期的工资价格。

主观预期资本价格矩阵为：

$$PK_s^e=\begin{pmatrix} pk_{1,1}^e & pk_{1,2}^e & \cdots & pk_{1,nk}^e \\ pk_{2,1}^e & pk_{2,2}^e & \cdots & pk_{2,nk}^e \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ pk_{ncd,1}^e & pk_{ncd,2}^e & \cdots & pk_{encd,nk}^e \end{pmatrix}$$

其中 $pk_{cdi,nki}^e$ 表示 $cdi$ 种情况下第 $nki$ 种资产在下期的预期价格。

**3．参数说明**

$$\begin{aligned} Para_s=[&\beta,r,r_{child_n},r_{trans_pay},r_{wealth_family},\delta_\alpha,\delta_c,\delta_{n1},\delta_{n2},\delta_w,\delta_{edu},\delta_{image},\delta_{a\ ge},\\ &\delta_{child1},\delta_{child2},\delta_{child3},\lambda_c,\lambda_{n1},\lambda_{n2},\lambda_w,\lambda_{edu},\lambda_{image},\lambda_{age},\lambda_{child1},\lambda_{child2},\lambda_{child3}] \end{aligned}$$

表 1 参数解释说明

| 参数 | 解释说明 |
| --- | --- |
| $\beta$ | 效用贴现系数 |
| $r$ | 银行贴现率 |
| $r_{child_n}$ | 陪伴孩子的时间权重系数 |
| $r_{trans_pay}$ | 夫妻双方转移支付占总财富权重 |
| $r_{wealth_family}$ | 夫妻双方基于家庭财富愿意为孩子付出的财富比例 |
| $\delta_\alpha$ | 相亲厌恶系数 |
| $\delta_c$ | 消费相对风险厌恶系数 |
| $\delta_n$ | 劳动相对风险厌恶系数 |

| | |
|---|---|
| $\delta_w$ | 未来财富相对风险厌恶系数 |
| $\delta_{edu}$ | 学历相对风险厌恶系数 |
| $\delta_{image}$ | 形象气质相对风险厌恶系数 |
| $\delta_{age}$ | 年龄相对风险厌恶系数 |
| $\delta_{child1}$ | 对家庭多孩次厌恶系数 |
| $\delta_{child2}$ | 对不符合计划的女孩厌恶系数 |
| $\delta_{child3}$ | 对不符合计划的男孩厌恶系数 |
| $\lambda_c$ | 消费权重系数 |
| $\lambda_n$ | 劳动权重系数 |
| $\lambda_w$ | 未来财富权重系数 |
| $\lambda_{edu}$ | 学历权重系数 |
| $\lambda_{image}$ | 形象气质权重系数 |
| $\lambda_{age}$ | 年龄权重系数 |
| $\lambda_{child1}$ | 当前总孩次权重系数 |
| $\lambda_{child2}$ | 当前女孩孩次与计划差距权重系数 |
| $\lambda_{child3}$ | 当前男孩孩次与计划差距权重系数 |

其中 $r_{female,child_n} + r_{male,child_n} = 1$，即男女双方承担看顾孩子的时间比重为 1。$r_{trans_pay}$ 为当男女双方进行婚育决策时，需考虑到夫妻双方之间的转移支付，即依据双方合同劳动得到的收入与资产财富加总按一定比例进行分配。

**4．市场信息**

居民第 $s$ 期第 $v$ 次调整中读取市场中各商品及劳动力价格，进行决策，例如：

资产价格向量：$Pk_{s,v} = \left\lceil pk_1, pk_1, ..., pk_{nk_{s+1}} \right\rceil$，其中 $pk_i$ 表示市场针对第 $i$ 项投资品当前的出价。

消费品价格向量：$Pc_{s,v} = \left\lceil pc_1, pc_2, ..., pc_{nc_{s+1}} \right\rceil$，其中 $pc_i$ 表示市场针对第 $i$ 项

消费品当前的考虑的出价。

个人消费品综合指数 $pcz_s$ 是用 $s-1$ 期的各消费品消费比率为权数，本期的商品价格构成的消费品价格指标。

行为主体的工资：$wage_{s,v}$。

行为主体的合同劳动：$n_{contract}$。

（二）模型设计

**1．主体模型**

经济及婚育决策模拟系统包含三种决策，即生育决策、结婚决策以及经济决策，不同状态人群进行不同决策。

生育决策为适龄已婚人群针对目前家庭状况决定是否再多要一个孩子，考虑到母亲怀胎十月，因此生育决策只在年初进行。其余时间点家庭基于当前状态及孩子数量进行经济决策。

结婚决策为适龄单身人士基于自己遇到的匹配对象带给自己的效用与自身单身效用进行对比，进而决定是否结婚，与谁结婚。结婚决策只在每月初进行，其余时间点单身人士以单身状态进行经济决策。

经济决策即为个人的投资、消费、就业决策。其中就业决策包括短期决策与长期决策，在长期决策中，假定居民可以灵活地更换工作，在决策之初 $n=0$。在短期决策中，假定居民有劳动合同，即个人具有合同劳动时间 $n_{contract}$ 与工资率 $wage_s$，在决策之初 $n=n_{contract}$。

本文假定主体程序运行 N 年，每年有 12 个月，即 12 期，每月进行 V 次调整。居民从市场中读取信息并结合自身数据形成预期，在年初挑选出需要进行生育决策的家庭，并进行生育决策，在每月初挑选出符合年龄的单身人士进行婚姻决策，在每月 v 次调整过程中，已婚家庭及单身人士基于自身状态进行经济决策并更新相关属性，其中年份变化时，需要更新各居民的年龄，即为流程图中的年度更新，直到程序停止。本文具体流程如下图所示：

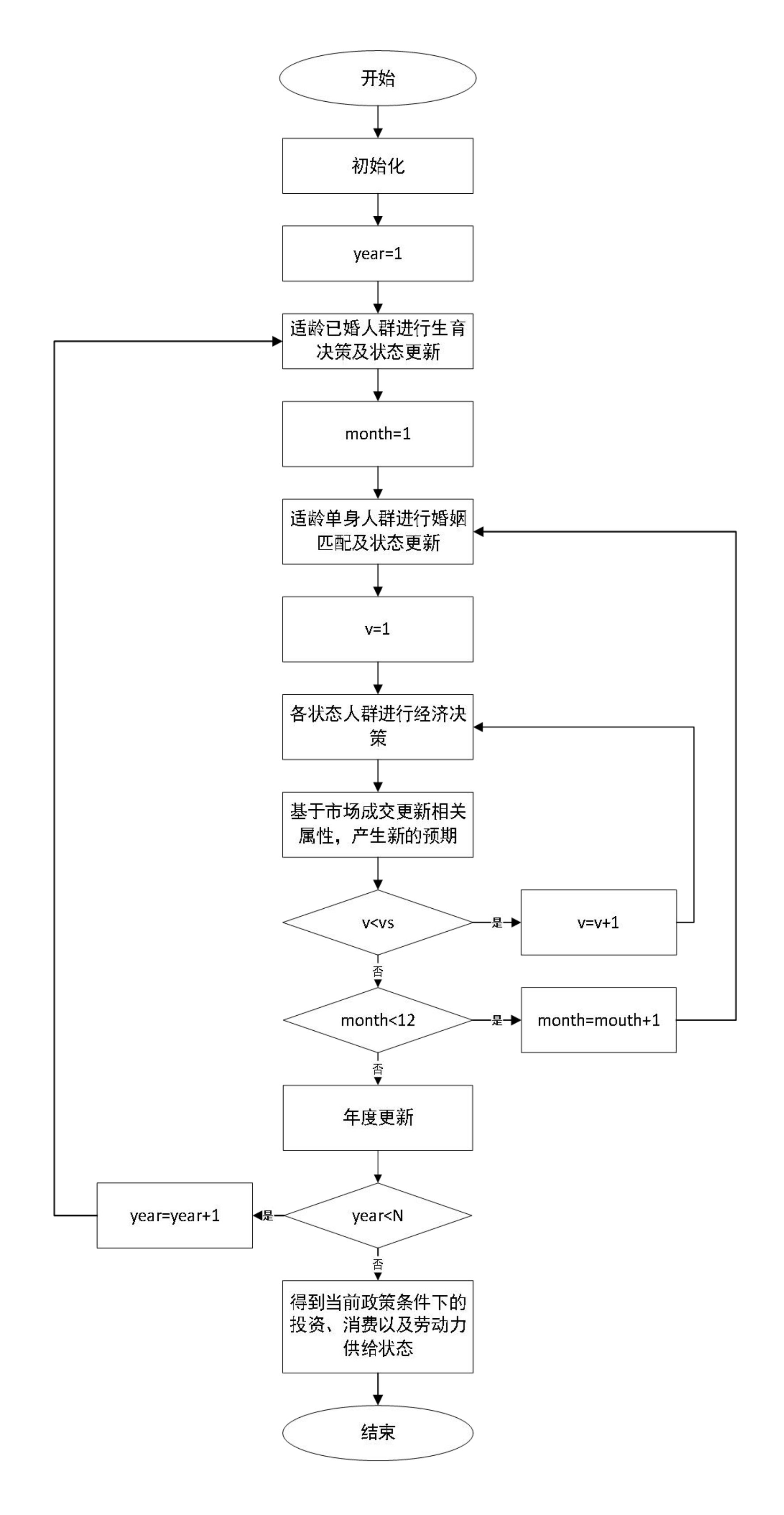



图 1 居民经济及婚育决策模拟系统流程图

根据微观经济学原理，居民追求效用最大化，假定在居民决策过程即为下列效用函数最大化的过程，下式为居民个人效用函数，具体解释如下：

$$U_{s,v} = \max_{(\triangle cashc, \triangle K, \triangle n, \triangle c_4)} \alpha_1 u_1^e + \alpha_2 u_2^e + \alpha_3 u_3^e \quad \text{公式（1）}$$

目标函数$U_{s,v}$包含消费、劳动效用、财富效用，配偶效用以及子代效用。$u_1^e$是消费、劳动与预期财富的效用贴现之和。$u_1^{'}$是消费$cashc_{s,v}^e$、劳动$n_{s,v}^e$以及$c_4^e$的函数，代表当期个人状态的满意度。财富效用$u_1^{''}$表示下期预期财富$wealth_{s+1}^e$带来的满意度。配偶效用$u_2^e$是对目前婚配对象学历、形象气质、年龄以及闲暇的函数，代表对当前婚配对象的满意度。$u_3^e$表示子代效用，即对目前家庭孩子数量以及性别的满意程度。$\beta_s$表示居民期望未来财富效用的贴现系数，本文以$object$代表当前婚姻匹配对象，具体公式如下所示：

$$u_1^e = u_1^{'}\left(cashc_{s,v}^e, n_{s,v}^e, c_4^e\right) + \beta E_t\left[u_1^{''}\left(wealth_{s+1}^e\right)\right] \quad \text{公式（2）}$$

$$u_1^{'}\left(cashc_{s,v}^e, n_{s,v}^e, c_4^e\right) = \lambda_c \frac{\left(\frac{cashc_s^e}{pcz_s}\right)^{1-\delta_c}}{1-\delta_c} - \lambda_n \frac{\left(\frac{n_s^e wage_s}{pcz_s}\right)^{1+\delta_n}}{1+\delta_n} \quad \text{公式（3）}$$

$$cashc_{s,v}^e = \triangle cashc_{s,v} + \sum_{i=1}^{nc} c_i pc_i \quad \text{公式（4）}$$

$$n_{self,child}^e = r_{self,child_n}\left(n_{child}^e - n_{parents}^e\right) - c_4^e \quad \text{公式（5）}$$

$$n_s^e = n_s + \triangle n_s + n_{self,child}^e \quad \text{公式（6）}$$

$$c_4^e = c_4 + \triangle c_4 \quad \text{公式（7）}$$

$$u_1^{''}\left(wealth_{s+1}^e\right) = \lambda_w \frac{\left(\frac{wealth_{s+1}^e}{epcz_{s+1}^e}\right)^{1-\delta_w}}{1-\delta_w} \quad \text{公式（8）}$$

$$E\left(u_1^{''}\left(wealth_{s+1}^e\right)\right) = \sum_{cdi=1}^{ncd} u_1^{''}\left(wealth_{s+1}^e\right) prob_{s+1,cdi}^e \quad \text{公式（9）}$$

$$u_2^e\left(edu_{s,v}, age_{s,v}, image_{s,v}, n_{s,v}\right) = \lambda_{edu}\frac{\left(edu_{s,object}\right)^{1+\delta_{edu}}}{1+\delta_{edu}} - \lambda_{age}\frac{\left(age_{s,object}\right)^{1+\delta_{age}}}{1+\delta_{age}} + \lambda_{image}\frac{\left(image_{s,object}\right)^{1+\delta_{image}}}{1+\delta_{image}} + \lambda_n\frac{\left(1-n_{s,object}\right)^{1-\delta_{n1}}}{1-\delta_{n1}} \quad \text{公式（10）}$$

$$u_3^e\left(q_{boys}^e, q_{boys}, q_{girls}^e, q_{girls}, age_{female}\right) = \lambda_{child1}\frac{\left(q_{s,boys} + q_{s,girls}\right)^{1-\delta_{child1}}}{1-\delta_{child1}} - \lambda_{child2}\frac{\left|q_{boys}^e + q_{s,boys}\right|^{1-\delta_{child2}}}{1+\delta_{child2}} - \lambda_{child3}\frac{\left|q_{girls}^e - q_{s,girls}\right|^{1+\delta_{child3}}}{1+\delta_{child3}} \quad \text{公式（11）}$$

**2．约束条件**

$$s.t.\triangle cashc+\triangle c_4 pc_4+\triangle k_1 pk_1+\triangle k_2 pk_2+\triangle k_3 pk_3+\triangle k_4 pk_4+c_{self,\,child}=\triangle nwage_s \quad \text{公式（12）}$$

$$0\le\triangle n+n+n^e_{self,child}\le 1 \quad \text{公式（13）}$$

$$\triangle n\ge 0 \quad \text{公式（14）}$$

$$r_{child_n}\left(n^e_{child}-n^e_{self,parents}\right)-c_4\ge 0 \quad \text{公式（15）}$$

$$\triangle c_4\ge 0 \quad \text{公式（16）}$$

$$\triangle cashc\ge 0 \quad \text{公式（17）}$$

$$k_1+\triangle k_1\ge 0 \quad \text{公式（18）}$$

$$k_2+\triangle k_2\ge 0 \quad \text{公式（19）}$$

$$k_3+\triangle k_3\ge 0 \quad \text{公式（20）}$$

$$k_4+\triangle k_4\ge 0 \quad \text{公式（21）}$$

其经济意义如下：

① 新增消费金额与新增资产的金额来源于新获取的转移支付与劳动收入之和，转移支付在期初已计入$k_1$。

② 本期提供的劳动总数量大于等于 0，小于其个体禀赋的上限 1。

③ 新增劳动数量不可小于 0。

④ 假定购买的托育产品为托育时间，且本期家庭父辈看护孩子的时间已确定，则新增托育产品消费数量小于个人可能提供的看护时间。

⑤ 假定已经成交的商品四消费数量不能减少，新增商品四消费数量大于等于 0。

⑥ 假定已经成交的消费额不能减少，新增消费额大于等于 0。

⑦ 每项资产存量不得低于 0。

**3．决策变量**

假定居民决策即为追求个人效用最大化的过程，决策变量为本次调整的消费额增量$\Delta cashc_s$，劳动供给增量$\Delta n_s$，各项资产购买增量$\Delta K_s$及商品四（托育商品）增量$\Delta C_4$。

**4．分配消费额至各消费品中**

假定消费状态向量为 $C_{s,v}^{e}=\left\lceil c_1^e,c_2^e,c_3^e,...,c_{ncs}^e\right\rceil$，其中 $C_{s,v}^{e}=C_{s,v}+\vartriangle C_{s,v}$，根据 $\vartriangle cashc_{s,v}$ 对各项目商品的进行分配的过程即为下式优化的过程：

$$\max_{\vartriangle c_1,\vartriangle c_2,...,\vartriangle c_{ncs}} u_4=u_4\left(c_1^e,c_2^e,c_3^e,...,c_{nc_s}^e\right) \qquad 公式（22）$$

$$s.t. \quad \vartriangle c_1 pc_1+\vartriangle c_2 pc_2+...+\vartriangle c_{nc_s} pc_{nc_s}=\vartriangle cashc_{s,v} \qquad 公式（23）$$

$$\vartriangle c_i \geq 0 \quad i=1,2,...,nc_s \qquad 公式（24）$$

其中 $u_4$ 是 $C_{s,v}^{e}$ 的函数，其具备对每个分量都是增函数且边际增量递减。如：

$$u_4=\left(c_1^e\right)^{\delta_1}+\left(c_2^e\right)^{\delta_2}+...+\left(c_{nc}^e\right)^{\delta_{nc}} \qquad 公式（25）$$

（三）居民婚姻决策

由于配偶效用是结婚后的家庭给予的，并且假设单身状态下没有孩子，因此单身状态下效用函数中 $\alpha_1=1$，$\alpha_2=\alpha_3=0$，即个人没有配偶效用与子代效用。在结婚效用中，不同单身个体的结婚迫切程度不同，这是由于个人状态不同导致的，例如不同年龄下，个体结婚迫切程度不同。在函数中结婚迫切程度表示为 $\alpha_2$，且由于结婚后个人有配偶效用，没有孩子也就没有子代效用，无需付出养育孩子的时间成本与经济成本，因此 $\alpha_1=1-\alpha_2$、$\alpha_3=\lambda_{n2}=0$。迫切结婚的人会积极接触异性，因此与配对对象相遇概率会增加，在遇到配对异性后，计算出双方各自的结婚效用，并与自身单身效用进行比较，当双方结婚效用均大于单身效用，才有配对成功的可能。任何一方单身效用大于结婚效用都不能配对成功。

当某个个体有多个可以配对成功的配对对象时，选择使自身效用最高的对象进行配对，如若配对成功，则更新双方 $marry_state$ 属性为 1（即已婚），并退出婚姻市场。

**1．相遇概率设置**

随着年龄与在配对中被拒绝次数的增加，适龄单身人士的婚姻迫切程度呈现先增加后减少的趋势，因此设定最想结婚的年龄 $age_{desire_marry}$ 与到达最想结婚时候的被拒绝次数 $frequency_{desire_marry}$，得到个人结婚迫切程度，即：

$$\alpha=\frac{\left(age_s-age_{desire_marry}\right)^2+\left(frequency_s-frequency_{desire_marry}\right)^2}{\delta_\alpha} \qquad 公式（26）$$

假定男女双方相遇与否服从$B(1,p)$分布，基于两者的自身状态可以得到下式：

$$p=q^{\gamma} \quad \text{公式（27）}$$

$$q=\alpha_{female,2}\alpha_{male,2}\left(1-n_{female}\right)\left(1-n_{male}\right)\left(1-\frac{\left|\frac{\vartriangle edu}{\vartriangle edu_{max}}\right|+\left|\frac{\vartriangle wage}{\vartriangle wage_{max}}\right|+\left|\frac{\vartriangle K}{\vartriangle K_{max}}\right|}{3}\right) \quad \text{公式（28）}$$

其中，$\alpha_{female,2}$、$\alpha_{male,2}$分别为女方与男方对婚姻的迫切程度，$1-n$即为闲暇，$\vartriangle$表示双方受教育程度、工资率以及资产差额，根据双方差距可以得到配对成功的概率，即差距越大，配对成功概率越小。

**2．个人财富**

假定退休金和工资收入相近，预期未来个人平均月度财富量为根据当前长期劳动合同计算出的每月劳动收入与每月资产余量的总合，每月资产余量为未来$years$年平均下来的每月资产如下式所示。

$$wealth_s^e=n_{contract}wage_{cdi}^e+\sum_{i=1}^{nk}k_i pk_{cdi,i}^e \quad \text{公式（29）}$$

$$wealth_{self,s+1}^e=r_{self,trans_pay}(wealth_{self,s}^e+wealth_{spouse,s}^e) \quad \text{公式（30）}$$

之后，区分于单身效用，结婚效用下，考虑到夫妻双方的转移支付，根据双方的合同工资进行计算，按照家庭转移支付比率将合同工资分配到$k_1$中，即

$$k_{female,1}=r_{trans_pay}\left(k_{female,1}+k_{male,1}+n_{female}wage_{female}^e+n_{male}wage_{male}^e\right) \quad \text{公式（31）}$$

$$k_{male,1}=\left(1-r_{trans_pay}\right)\left(k_{female,1}+k_{male,1}+n_{female}wage_{female}^e+n_{male}wage_{male}^e\right) \quad \text{公式（32）}$$

同样的其余资产均按照家庭转移支付比率进行分配，如下式所示：

$$k_{female,i}=r_{trans_pay}\left(k_{female,i}+k_{male,i}\right) \quad \text{公式（33）}$$

$$k_{male,i}=\left(1-r_{trans_pay}\right)\left(k_{female,i}+k_{male,i}\right) \quad \text{公式（34）}$$

（四）居民生育决策

已婚家庭可做是否再次生育的决策，这是由夫妻双方共同决定的。家庭基于当前状态可以计算出个人不再生育的效用与家庭增加一个 0 岁的孩子得到的个人再生育的效用，通过对比夫妻双方不再生育的效用$U_{not_fertility}$与再生育效用

$U_{fertility}$ 进行生育家庭决策。

生育决策状态下，个人效用函数常数 $\alpha_3 = 1-\alpha_1 = a$，$a$ 为一个不为 0 的常数，$\alpha_2 = 0$ 表示家庭无需考虑配偶效用。根据双方生育与不生育效用差额，计算 $p$，使生育服从 $B(1,p)$ 分布，公式如下，其中期望财富在生养成本小节中进行解释：

$$\alpha_{self,power} = \frac{E\left(wealth_{self}\right)}{E\left(wealth_{family}\right)}$$ 公式（35）

$$p = \frac{\left(1-\alpha_{female,power}\right)\frac{U_{male,fertility}}{U_{male,fertility}+U_{male,not_fertility}} + \alpha_{female,power}\frac{U_{female,fertility}}{U_{female,fertility}+U_{female,not_fertility}}}{b^{\left|age_{female_best}-age_{female}\right|}}$$ 公式（36）

其中 $\alpha_{power}$ 为家庭话语权，是个人至退休之前的所有财富贴现总额占家庭总财富的比例。

**1．生养成本**

计算为孩子付出的孩子总转移支付需要根据夫妻双方一生的财富贴现总额 $wealth_{family}$ 以及家庭愿意为孩子消费的程度 $r_{wealth_family}$。假设市场上居民均以 60 岁为退休年龄，则个人退休前期望总财富为：

$$E\left(wealth_{self}\right) = \sum_{cdi=1}^{ncdi}\left(\sum_{i=1}^{60-age_{self}}\frac{12wage_{cdi}^{e}n_s}{\left(1+r\right)^i} + \sum_{i=1}^{nk}k_i pk_{cdi\ i}^{e}\right)prob_{cdi}^{e}$$ 公式（37）

则家庭成员退休前期望总财富为:

$$E\left(wealth_{family}\right) = E\left(wealth_{female}\right) + E\left(wealth_{male}\right)$$ 公式（38）

其中 $n_{contract}$、$wage_{cdi}^{e}$ 分别表示男女双方的合同劳动以及预期某种情况下未来的工资，$k_i$、 $pk_{cdi,j}^{e}$ 则代表个人资产以及预期未来资产价格。

其次根据 2022 年育娲人口研究发布的《中国生育成本报告》，可以得到随着孩子年龄变化的父母支付的转移支付数目公式 $f\left(age\right)$，并得到 22 岁之前，不同年龄段占家庭总收入比重，最终得到月生育成本 $c_{id_child,age}$，其中分母 12 表示按月求平均育儿成本。

$$f\left(age\right) = a*age^3 - b*age^2 + c*age + d$$ 公式（39）

$$Lists = \left[\frac{f\left(0\right)}{1+r}, \frac{f\left(1\right)}{\left(1+r\right)^2}, \frac{f\left(2\right)}{\left(1+r\right)^3}, \ldots, \frac{f\left(21\right)}{\left(1+r\right)^{22}}\right]$$ 公式（40）

$$Weights = \frac{Lists}{S_{lists}}$$ 公式（41）

$$c_{id_child,age} = \frac{r_{wealth_family} * E\left(wealth_{family}\right) * Weights\left[age\right]}{12}$$ 公式（42）

除为孩子提供的转移支付外，父母也需要提供看护孩子的时间，假定看护孩子的时间呈阶梯状，随着孩子年龄的增长而减少，在家庭中母亲往往承担更多的看护责任，在系统中表现为母亲看护的时间比例较男性高，其中

$$r_{female,child_n} + r_{male,child_n} = 1$$ 公式（43）

$$n^{e}_{self,id_child} = \begin{cases} 1 * r_{self,child_n}, age = 0 \\ 0.6 r_{self,child_n}, 0 < age < 3 \\ 0.3 r_{self,child_n}, 3 \le age < 13 \\ 0.1 r_{self,child_n}, 13 \le age < 18 \end{cases}$$ 公式（44）

**2．个人财富**

区分于单身和结婚效用，再生育与不再生育效用函数中的个人财富不仅需要考虑夫妻双方的转移支付，也需要考虑为孩子付出的金钱成本，家庭内部根据个人财富占家庭总财富比值来分配孩子成本，则个人财富为:

$$wealth^{e}_{s} = n_{contract} wage^{e}_{cdi} + \sum_{i=1}^{nk} k_i pk^{e}_{cdi,i}$$ 公式（45）

$$wealth^{e}_{self,s+1} = r_{trans_pay}(wealth^{e}_{self,s} + wealth^{e}_{spouse,s}) - \frac{E\left(wealth_{self}\right)}{E\left(wealth_{family}\right)} \sum_{Set_{children}} c_{id_child,age_{child}}$$ 公式（46）

已婚家庭转移支付同婚姻匹配中的转移支付计算方式一样。

（五）信息反馈与更新

**1．期初信息更新**

$$cash_{s,v} = 0$$ 公式（47）

$$C_{s,v} = \left[0_1, 0_2, 0_3, ..., 0_{nct}\right]$$ 公式（48）

$$K_{s,v} = K_{s-1,vup+1}$$ 公式（49）

$$n_{s,v} = \begin{cases} 0 \\ n_{contract} \end{cases}$$ 公式（50）

其中，$n_{s,v}$有两种更新模式，年度决策为长期决策，因此假定没有劳动合同，赋值为 0，月度决策为短期决策，假定个体有劳动合同，因此$n_{s,v}$初始值赋为合同劳动$n_{contract}$。

**2．期末信息更新**

① 生育决策结束后需要更新家庭孩童数量以及新增孩童属性

② 婚姻匹配结束后需要更新个体婚姻状态

③ 年度更新为每个个体年龄更新、删除已死亡个体，增添新生儿

④ 月度更新为决策结束后个体劳动量、商品消费量以及投资品消费量的更新

⑤ 每次经济决策结束后更新属性存量

$$cash_{s,v+1} = cash_{s,v} + \triangle cash_{s,v} \quad \text{公式（51）}$$

$$C_{s,v+1} = C_{s,v} + \triangle C_{s,v} \quad \text{公式（52）}$$

$$K_{s,v+1} = K_{s,v} + \triangle K_{s,v} \quad \text{公式（53）}$$

$$n_{s,v+1} = n_{s,v} + \triangle n_{s,v} \quad \text{公式（54）}$$

即每次调整结束后新的存量等于以前的存量与本次调整中成交量之和。

## 三、模型微观验证

本节以单身状态与已婚家庭状态进行验证。

每一节中都假设有编号不同的多个个居民，他们之间对除了待检验参数不同，其他参数和环境均相同。假设每个居民初始财富均为 0，模拟演绎周期为 20 期，作图说明各参数对居民决策的长期影响。其中$Tk$、$Tc$、$Ewealth$、$n$分别为总投资额、总消费额、期望财富以及劳动供给数量。

（一）不同参数下居民的决策变动

**1．权重系数变动**

① 贴现因子

居民的贴现因子$\beta$大小反映的是对未来的重视程度。该值越大，表明越看重于未来，对于未来财富有更高的期望。

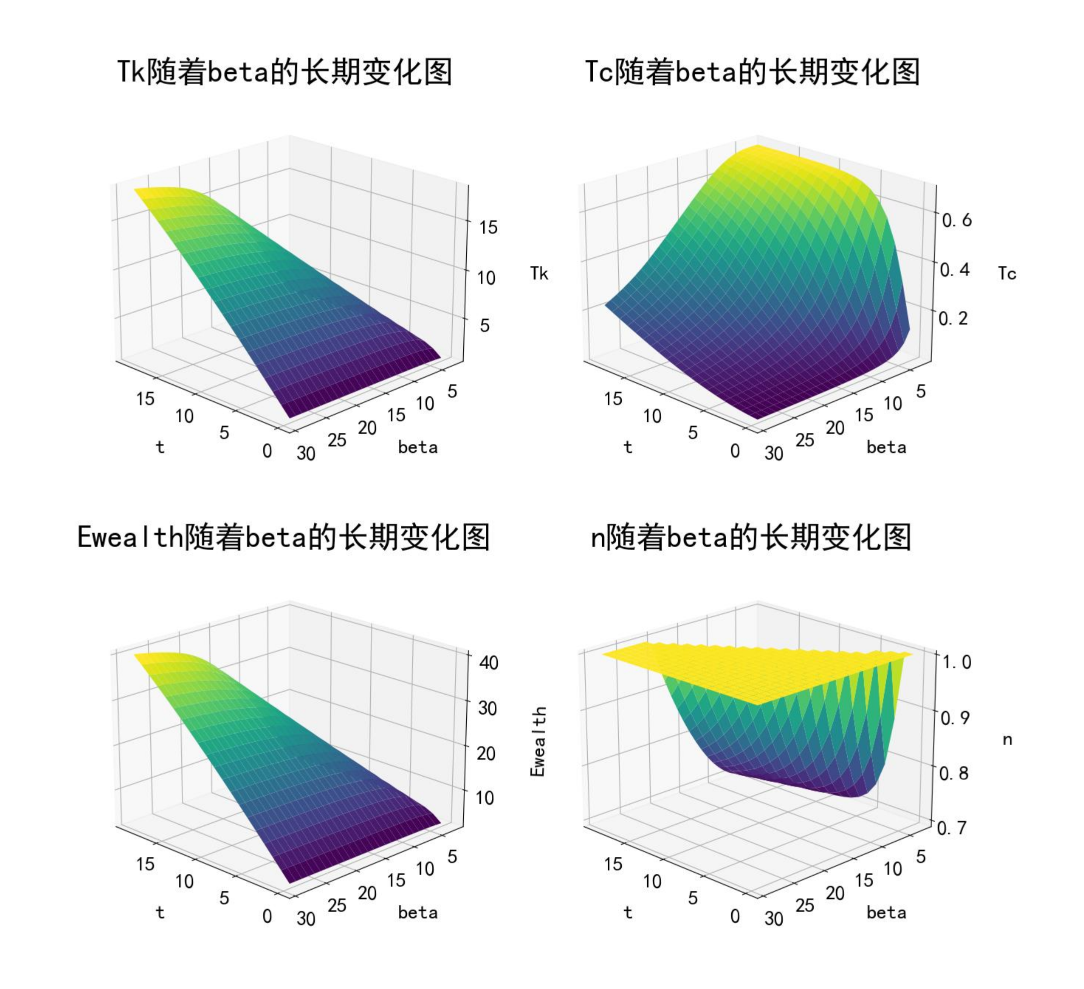
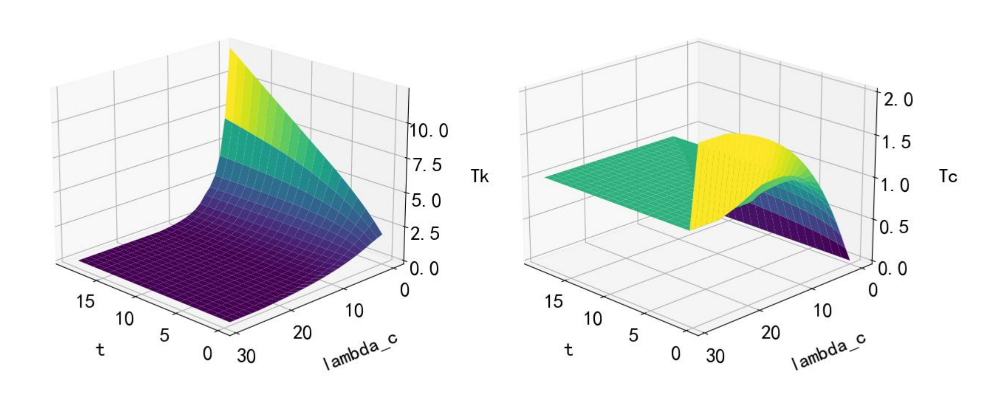



图 2　多变量随贴现因子长期变化图组

在初期，$\beta$值非常小时，基本所有的财富都用来消费商品，即已基本到达稳态。随着$\beta$的增大，消费逐渐减少，资产不断增加。从长期来看，对未来财富越重视的居民，财富累积速度越快，劳动供给数量越高。在$\beta$小于一定值时，随着时间的增加，财富不断积累，劳动供给数量在不断减少，一旦$\beta$大于一定值，即非常重视未来财富，则居民的劳动供给达到最大上限 1，即所有时间均用于劳动，并且基本所有花费都用于投资品消费，$Tc$基本维持在一个非常小的数值。

② 消费权重系数

消费权重系数通常是指对消费的重视程度，即消费权重系数越大，代表消费带来的效用越高。不同居民对消费的重视程度不同。下图组中右侧坐标轴表示消费权重系数$\lambda_c$。



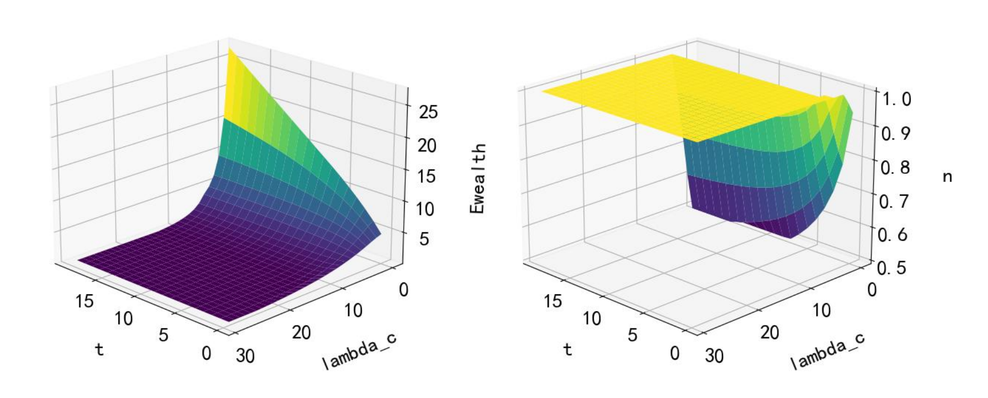



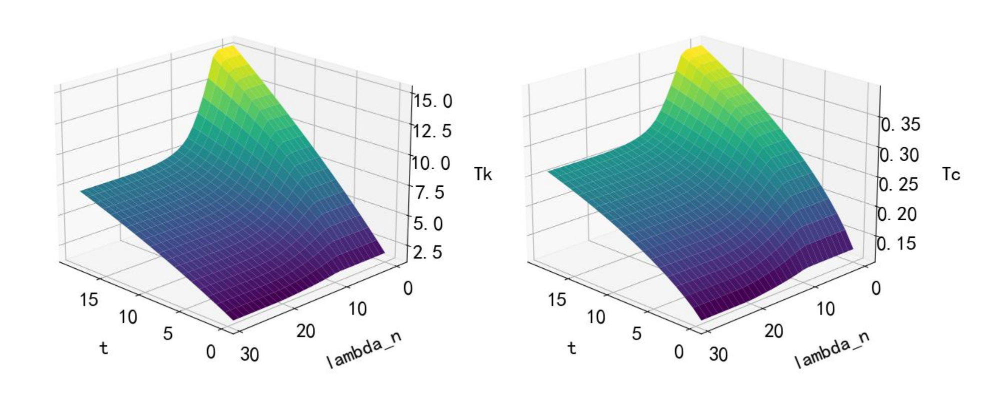

图 3　多变量随消费权重系数长期变化图组

在$t=0$的时候，基本所有劳动收入都用来消费，资本品及财富总额非常少，随着消费权重系数的增加，总投资额不断下降，总消费额，在不断上升，直至趋于稳态。消费权重系数越大，表示对消费的重视程度越高，即居民会增加劳动供给数量来进行消费，最终达到劳动上限 1.

在长期中，对消费重视程度越高，财富积累速度越慢，由图可知，在$\lambda_c$大于 10 时，资本品消费趋于 0。

③　劳动权重系数

劳动权重系数用于衡量劳动时间的消耗对个体的重要程度。即劳动权重系数越大，居民越不愿意付出劳动。下图组中右侧坐标轴表示劳动权重系数$\lambda_n$。



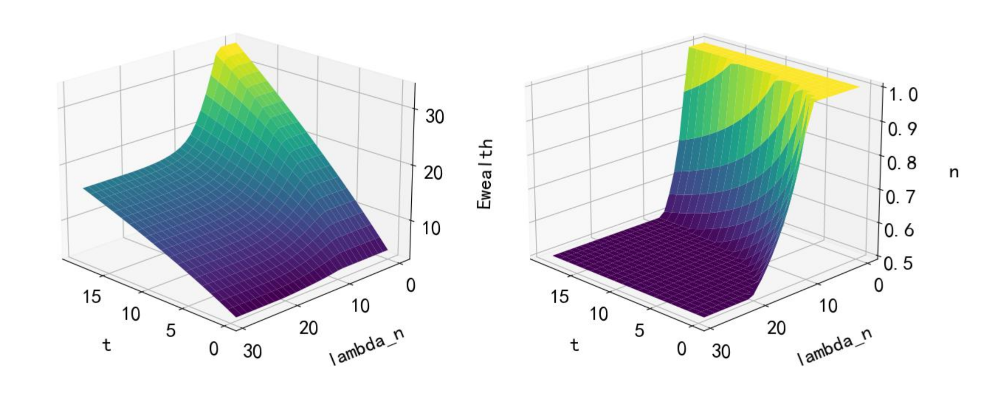




图 4　多变量随劳动权重系数长期变化图组

在 $t=0$ 的时候，即使劳动供给已经达到上限，由于初始财富为 0，导致可消费金额十分有限，$\lambda_n$ 的增加使得总消费额、总投资额及预期未来总财富图像变动趋势很微小。在长期中，劳动供给数量随着 $\lambda_n$ 的增加而减少，且劳动供给数量达到稳态的速度也越来越慢，同样的，总消费和总投资额明显降低。但随着时间的增加，财富量不断累积，使得劳动供给不断减少，投资与消费总额均发生增长。

**2．偏好水平变动**

① 消费相对风险厌恶系数

$\delta_c$ 为消费相对风险厌恶系数。随着 $\delta_c$ 的变动，总投资额、总消费额、预期总财富以及劳动供给数量在不断发生变化，如下图所示：

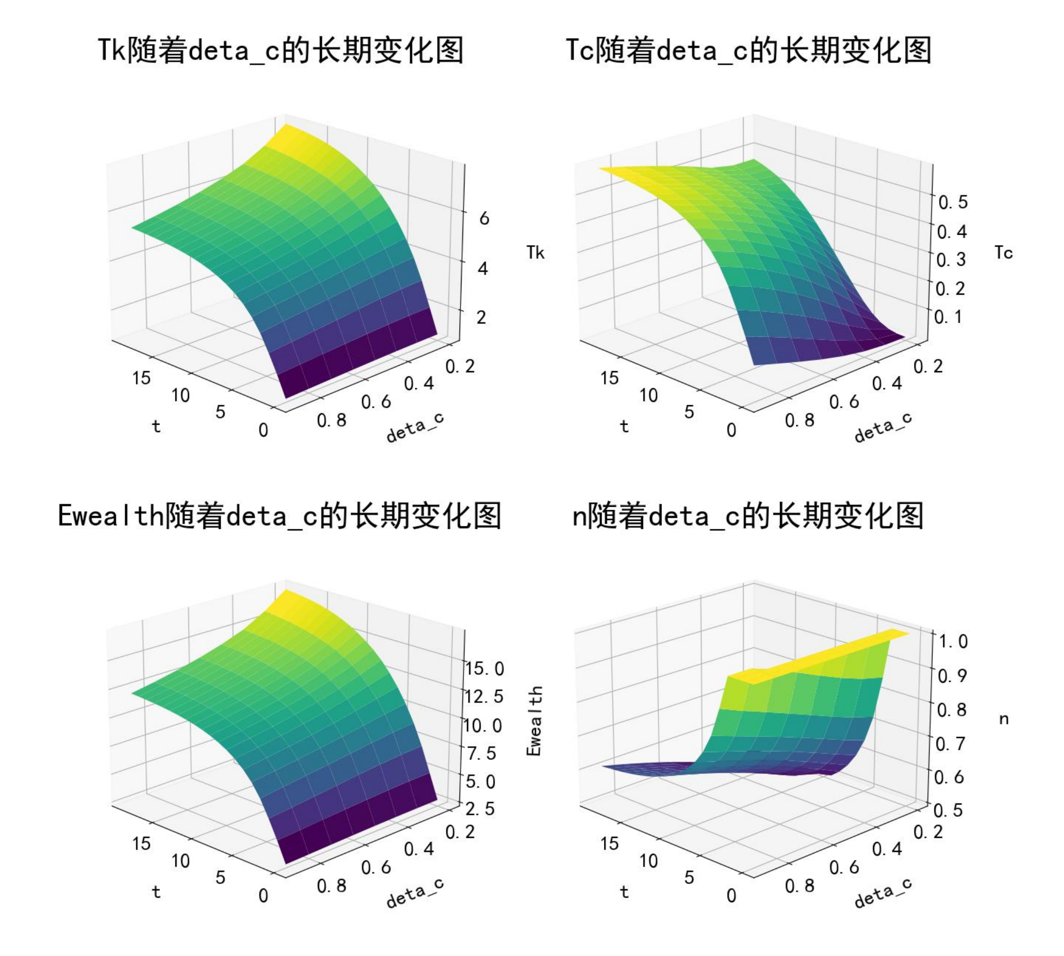



图 5　多变量随消费相对风险厌恶系数长期变化图组

随着$\delta_c$的增加，总消费逐渐增加，总投资额降低，预期财富降低，为实现更高的消费，使得劳动供给量增加，直至达到上限 1，随着时间的推移，个体可能会找到一个平衡点，在这个点上，他们通过劳动获得的收入足以支持他们的消费偏好，而不需要进一步增加劳动供给量。

② 劳动相对风险厌恶系数

下图组中右侧坐标是指劳动相对风险厌恶系数$\delta_n$，右侧坐标是指劳动相对风险厌恶系数$\delta_n$值由低至高。

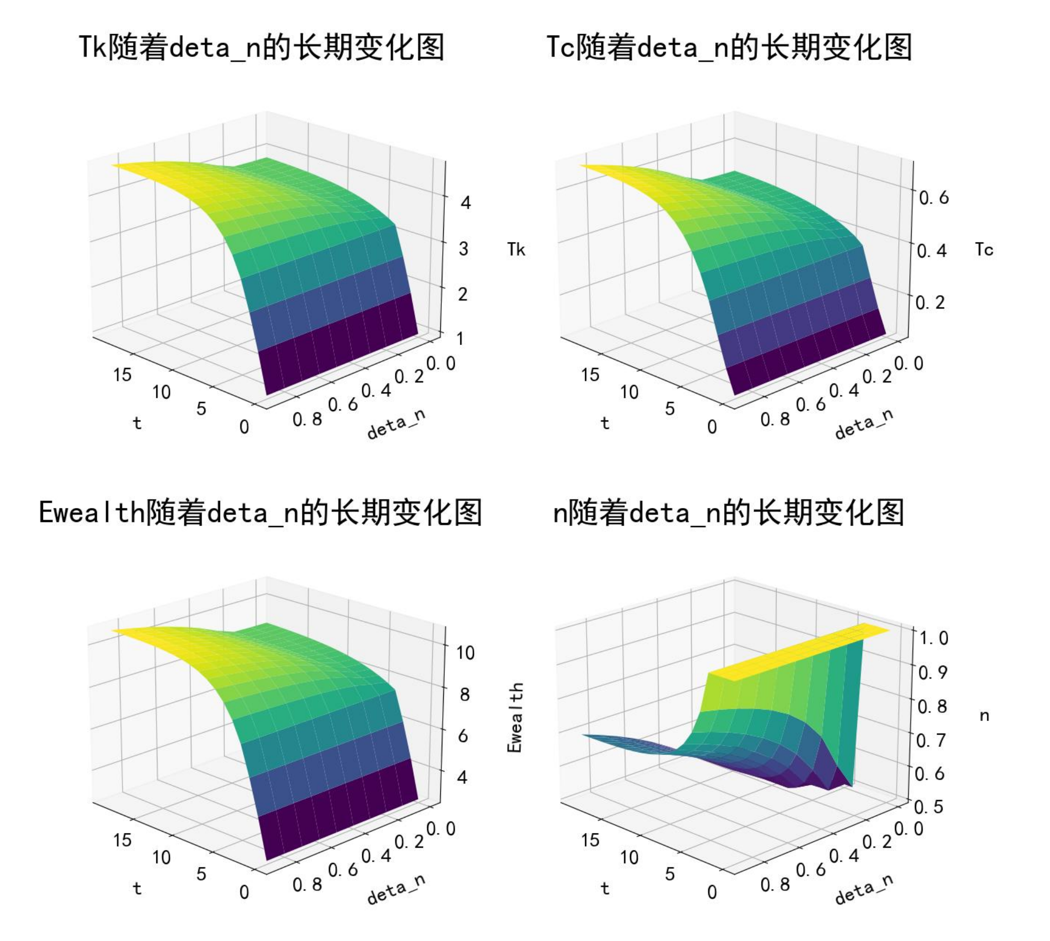


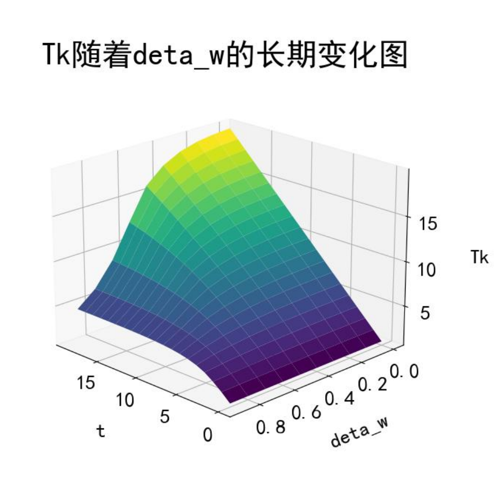

图 6 多变量随劳动相对风险厌恶系数长期变化图组

从初期来看，由于劳动供给均已达到上限 1，因此$t=0$时上组图像没有波动。在长期中，$\delta_n$越大，表示对付出劳动更加偏好，则财富累积的速度越快，进而使得总消费额与总投资额不断增加，劳动供给随着期数的增加不断减少。

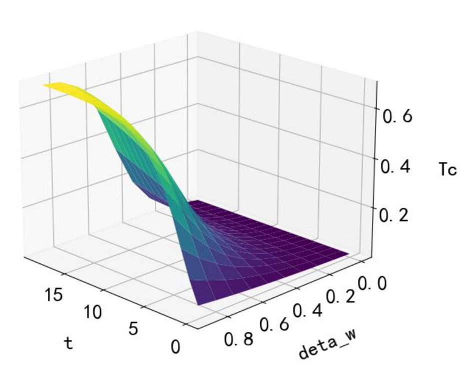
③ 未来财富相对风险厌恶系数

下图组中右侧坐标是指未来财富相对风险厌恶系数$\delta_w$，下图组中右侧坐标是指未来财富相对风险厌恶系数$\delta_w$值由低至高。

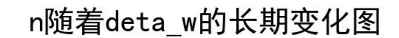
Tk随着deta_w的长期变化图




Tc随着deta_w的长期变化图




Ewealth随着deta_w的长期变化图



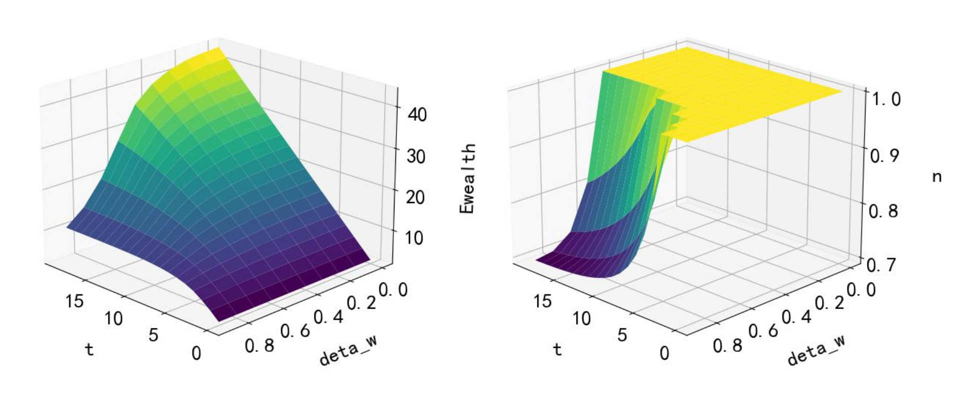




图 7　多变量随未来财富相对风险厌恶系数长期变化图组

$\delta_w$ 值越小时，表明居民对资产品厌恶程度较弱，会消费更多的资产品，使得劳动供给数量会非常高，即图中的黄色区域，劳动供给数量为上限 1。随着 $\delta_w$ 的增加，居民对投资品厌恶程度增加，更多的金额用来消费除投资品以外的商品，总投资额减少，预期财富减少，劳动供给量减少。从长期发展趋势来看，$\delta_w$ 值越高，居民对投资品越厌恶，劳动供给数量越少，财富积累速度越低。

（二）市场价格变动对长期决策的影响

**1．市场消费品价格发生变动**

本小节以已婚家庭的第四项消费品(托育商品)为例进行验证，当消费品价格发生变化时，居民的决策在各项指标上的反映。假定每个已婚家庭都有一个孩子。

各居民之间仅第四项消费品价格不同，其余参数及变量均一致。现在 $[0,1]$ 上

等距选取 10 个点，依次分配给不同的居民作为其第四项消费品价格。右侧坐标代表初始消费品价格不同的十个居民，该价格在各期不发生变化。

由于夫妻双方之间存在转移支付，因此图像会存在上下波动，但随着时间的推移趋于稳定。

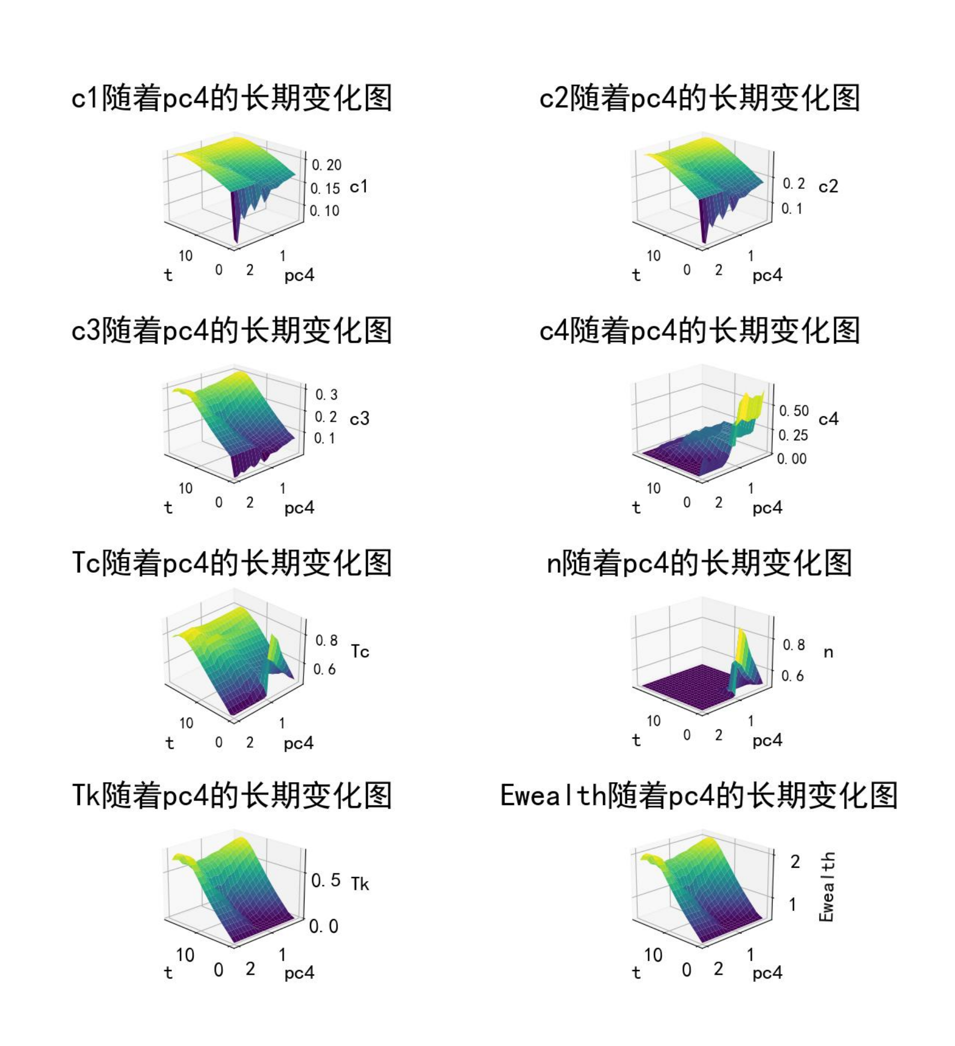



图 8　多变量随商品四价格长期变化图组

消费品四作为托育产品，其主要功能是为家庭提供方便，让家庭成员能够获得更多的工作时间或休闲时间。当消费品 4 的价格上升时，消费品 4 的消费数量有所下降，这符合需求定律，即商品的需求量与其价格成反比。同时，其他三类消费品的消费量略有增加，预期财富和总投资呈现缓慢增长的趋势，这表明消费者因为商品 4 价格上升而释放出一部分购买力转移到其他消费或投资品上。当消费品四价格在个体可接受范围内时，随着价格的增加，为支付消费品增加了劳动

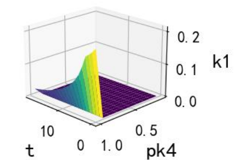
力供给，但当价格增高到一定程度时，较高的托育产品费用导致一些家长选择亲自照看孩子而非工作，或者是人们有了更多的空余时间用于休闲而不是寻求额外工作，从而减少劳动数量。

从长期视角来看，随着孩子们年龄的增长，他们需要的看护时间将逐渐减少，因此家庭对消费品 4 的需求会相应降低。这样的变化可能导致家庭增加对其他消费品的支出并有更多的机会积累财富。

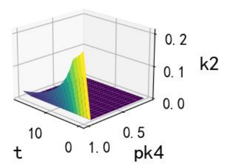
**2．市场投资品价格发生变动**

本小节以第四项投资品为例进行说明，当投资品价格发生变化时，居民的决策在各项指标上的反映。各居民之间除了投资品价格以外，其余参数及变量保持不变。在$[0,1]$上等距选取 10 个点，依次分配给不同的居民作为其投资品价格。右侧坐标代表初始投资品价格不同的十个居民，该价格在各期不发生变化。

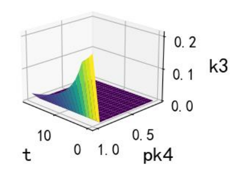
k1随着pk4的长期变化图



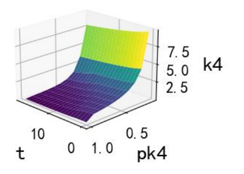

k2随着pk4的长期变化图



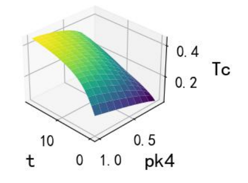

k3随着pk4的长期变化图



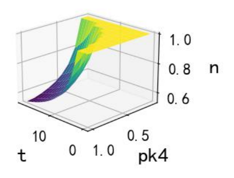

k4随着pk4的长期变化图



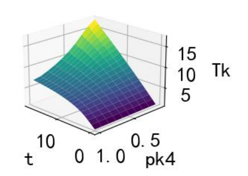

Tc随着pk4的长期变化图




n随着pk4的长期变化图




Tk随着pk4的长期变化图




Ewealth随着pk4的长期变化图

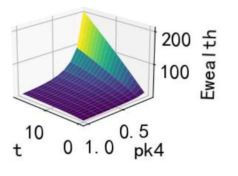



图 9　多变量随投资品四价格长期变化图组

面对价格较低的资产品 4 的居民更倾向于投资该项资产，而面对价格较高的资产品 4 的居民则减少对该项资产的投资。这种行为导致了资产组合的变化和财富的分化。长期来看，面对资产品 4 价格较低的居民由于投资回报较高，他们的总资产在长期积累中可能会略高于其他居民，使其做空第 1、2、3 项资产，加快了财富的差异化。这种情况下，财富的分化可能导致社会中不同居民群体之间的经济行为和结果有所不同。

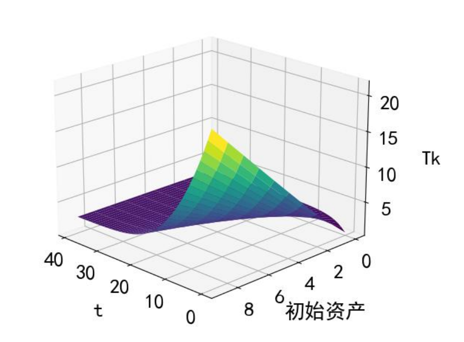
（三）居民属性变动对长期决策的影响

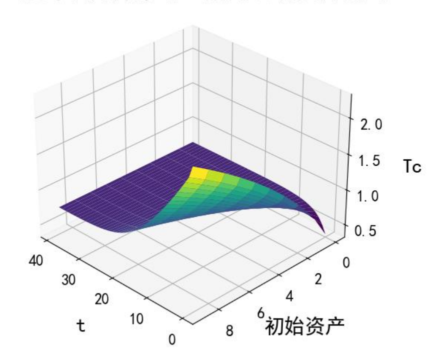
**1．居民初始资产值变化**

本节中各居民之间仅初期资产不同，其余相同。现在$[0,10]$上等距选取 10 个点，依次分配给不同的居民作为其初始资产值。右侧坐标代表初始资产不同的

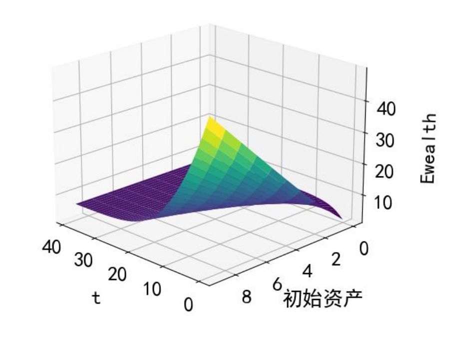
十个居民。

Tk随着初始资产的长期变化图　　Tc随着初始资产的长期变化图




Ewealth随着初始资产的长期变化图　　n随着初始资产的长期变化图



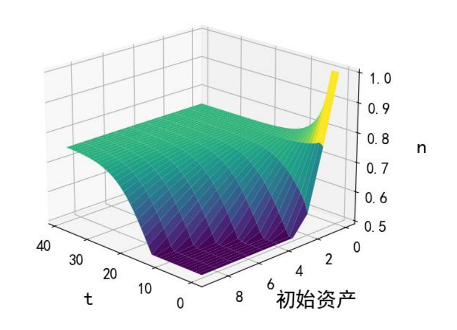




图 10　多变量随初始资产长期变化图组

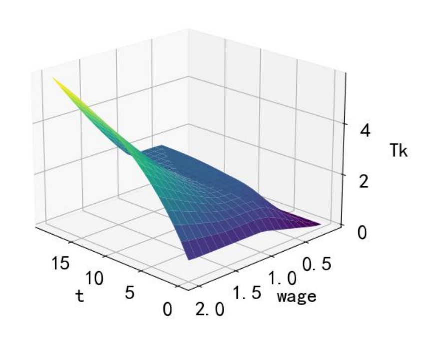
根据上述图表，可以观察到在初期阶段（时间）总消费额、总投资额以及预期财富都随着初始财富的增加而增加，而劳动供给量则随着居民财富量的增加逐渐减少。

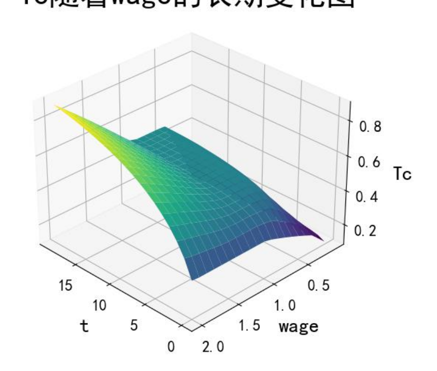
从长期来看，它们都趋于达到相同的状态，即初始财富对稳态没有影响。当财富低于稳态财富值时，居民会更多地从事劳动，少消费，积累财富；相反，当财富高于稳态财富值时，居民则倾向于减少劳动、增加消费，直到期望财富水平达到稳态期望值。

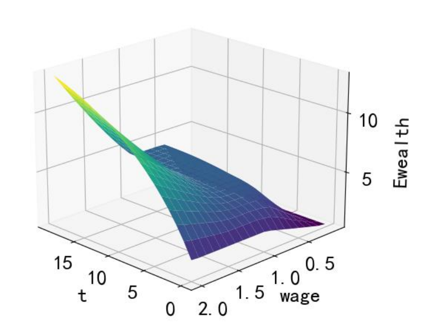
综上所述，如果效用贴现系数不发生变化，那么突然获得的财富只能在一段时间内维持，随着时间的推移，居民逐渐达到其稳态状态。

**2．居民工资率变动**

在$[0,2]$上等距选取10个点，依次分配给不同的居民作为其每一期的工资率。下图组中右侧坐标轴表示不同工资率的10个居民。



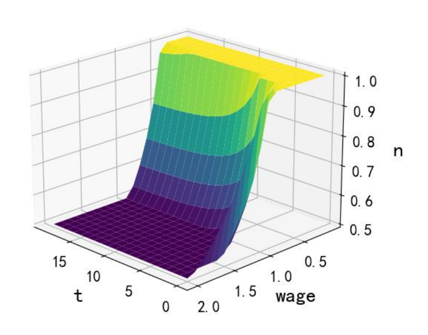




图 11　多变量随工资率长期变化图组

从上组图可以看出，较高的工资率提高了消费和投资总额，并且减少了劳动，得到更多的闲暇。在长期来看，不同工资率下，随着时间的推移，工资率越高的居民，财富积累的速度越快，直到达到一个稳态值，不同工资率下的居民稳态值不同。在稳态下，居民决定降低劳动供给，因为他们已经获得了更多的财富并满足了他们的消费需求。

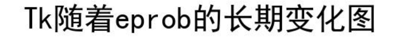
（四）居民预期变动对长期决策的影响

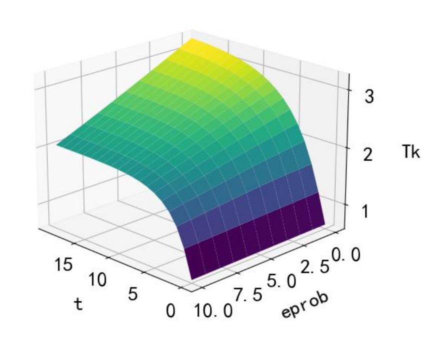
本节分别就三种假设情形下对居民怀有不同预期概率 $prob$ 进行模拟测试。

首先假设向量$P$的元素依次为$[-0.45,0.45]$区间中等距选取的 10 个点，$p_i$为$p$的第$i$个分量。假定编号为$i$的居民对未来可能发生的三种情况的预期概率向量如下，显而易见，随着居民编号的增加，他们对第一种情况（经济衰退）的看法越来越悲观，而对第三种情况（经济繁荣）的预期则越来越乐观。除此之外，其他相关参数和变量保持不变。

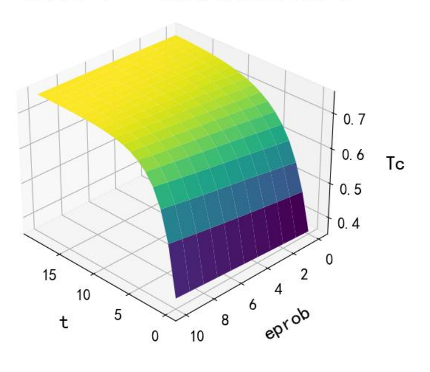
$$prob^e = [0.45 - p_i, 0.1, 0.45 + p_i]$$

所有居民在决策上起初是一致的。然而，随着时间的推移和财富的累积，那些持乐观态度的居民更可能减少他们的劳动供给，同时增加他们的总消费，并减少他们的总投资。这主要是因为他们对未来财富增长的预期较高。

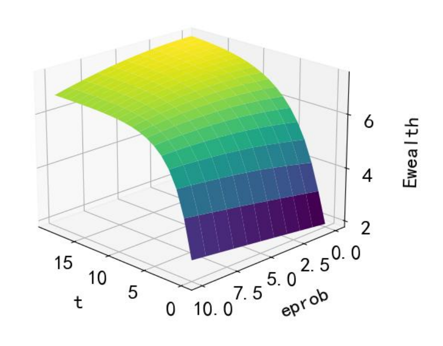



Tc随着eprob的长期变化图




Ewealth随着eprob的长期变化图




n随着eprob的长期变化图

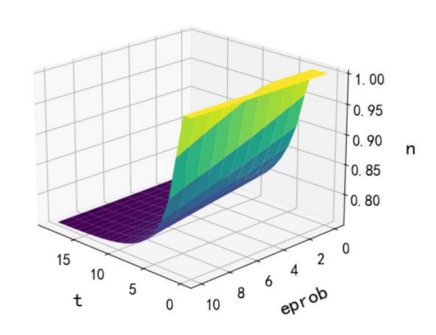



图 12　多变量随预期长期变化图组

# 四、模型宏观验证

本节以单身状态与已婚家庭状态进行验证。

每一节中都假设有编号不同的多个居民，他们的年龄与属性随机生成，同时改变待检验政策对应的属性变量，其他参数和环境均相同。针对每项待评估政策，其对应的属性变量在预设的检验区间内按照等差数列递增，而其他因素如参数、属性、外部环境和预期等均保持不变。所有决策均基于市场价格来执行。通过将演绎结果按照不同指标绘制成图表，可以清晰地展示出各种政策对婚姻和生育决策的具体影响。由于婚姻匹配与生育决策中，均存在概率分布 $B(1,p)$，因此图像会存在上下波动的情况。

（一）婚姻政策验证

**1．住房补贴政策验证**

本节利用单身个体验证不同婚姻政策对人口结婚率的影响[1]。

由于结婚需要指出一笔基础消费且夫妻双方之间会进行转移支付，因此不同经济水平会对结婚率产生影响，本节主要探讨经济因素对结婚率的影响，即经济补贴。主要经济补贴的方式为住房补贴，作图如下所示：

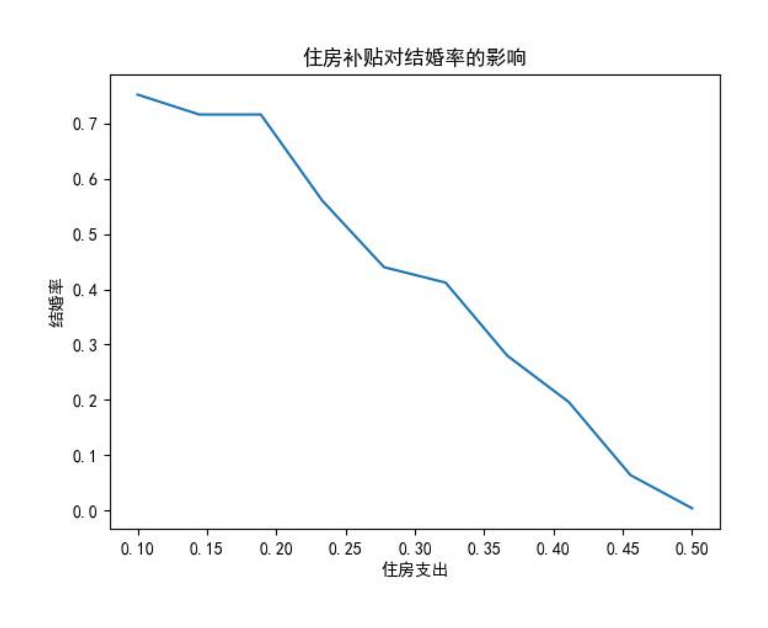



图 13　住房补贴政策验证

[1] 结婚率是一定时期 (一年) 结婚人数与同期一定范围人口数的比率。表明结婚频繁的程度。本文结婚率为一定时期结婚人数与同期总人口数相比，即总结婚率、简称结婚率。

由图可以看出，住房补贴力度不同，结婚率也随之变动，即，住房补贴力度越大，结婚率越高。

**2．税收政策验证**

税率在此表现为个体工资的一定比例。

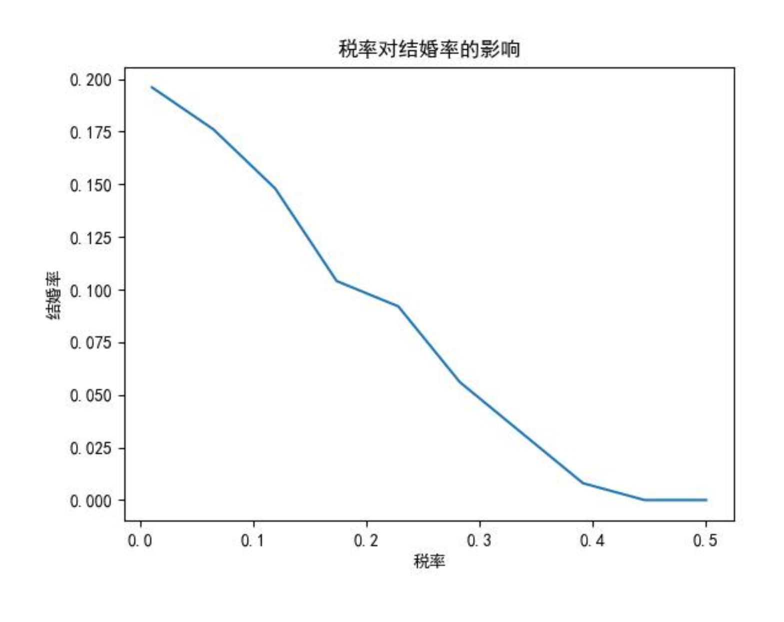



图 14　税率政策验证

由图可以看出，收税力度不同，结婚率也随之变动，即，税率越高，结婚率越低。这是由于增加了个体经济负担，使之对未来的财富预期不乐观，无法负担结婚带来的基础消费，进而导致结婚率下降。

（二）生育政策验证

本节利用已婚家庭验证不同生育政策对生育率的影响[2]。

**1．托育政策**

托育服务代表了从家庭为单位的个体看护转向了机构为单位的集体照护。在这种模式下，没有血缘或亲属关系的专业人士会临时承担起父母的角色，履行照护孩子的职责。托育服务可以起到降低家庭负担、促进妇女就业等重要作用，有助于家庭个体更好地安排生活和工作。在此背景下，托育政策的执行力度通过托育服务价格的变动来表现，可以得到下图：

[2] 生育率为一定时期内（一年）出生活婴数与同期平均育龄妇女人数之比，育龄妇女指处于生育期的妇女，年龄界限为 15 岁—49 岁。

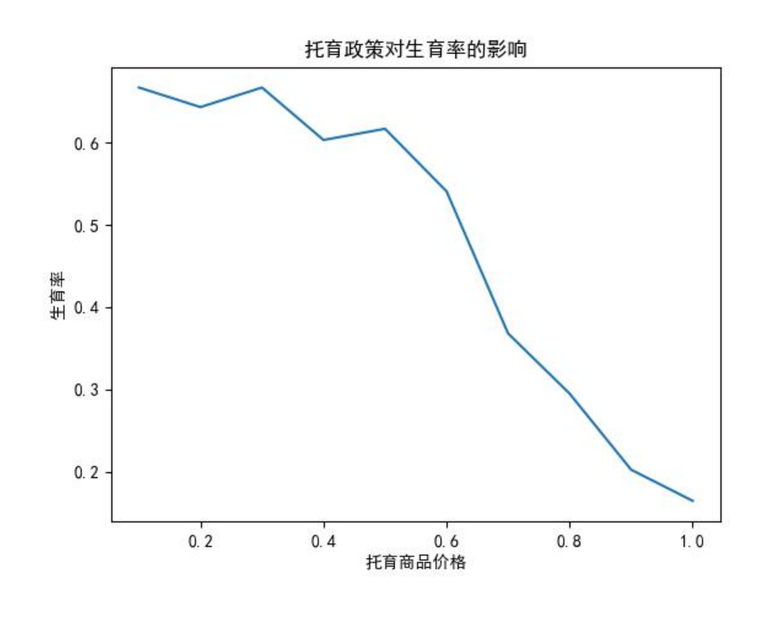



图 15　托育政策验证

由图可以看出，生育率随着托育商品价格的升高而下降，这意味着托育服务的价格对于家庭决定是否生育孩子起到了重要作用。当托育服务价格上涨时，家庭可能更倾向于不生育或延迟生育，因为高昂的托育费用可能会增加他们的经济负担。

**2．生育经济补贴**

生育经济补贴指政府或其他组织向家庭提供的经济支持，以鼓励或协助其生育子女的措施。在此处中，生育经济补贴体现为为鼓励生育的政府转移支付，即政府转移支付越高，政府生育支持力度越强。本小节以不同初始财富人群进行验证，如下图所示：

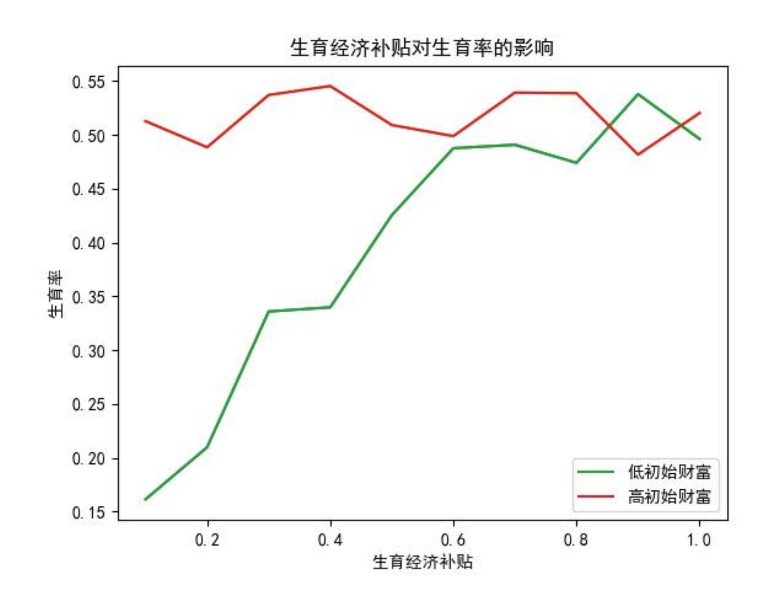



图 16 生育经济补贴政策验证

随着生育经济补贴力度的提高，低初始财富水平下生育率呈现出逐步增长的趋势。即生育补贴则对低初始财富人群生育率产生显著影响。高初始财富水平下展现出较高的生育率，且这一趋势相对平稳。这种现象可以归因于多个因素。期经济负担小，时间上也可以通过消费托育商品来平衡事业与家庭。因而，改变生育经济补贴的力度对富裕人群的生育决策影响有限。图中呈现上下波动的情况，这是由于模型中存在一定随机因素导致曲线不平滑。

**3．工资率**

基于个体原始工资率，每次增加 0.1，最终得到下图。

由图可以看出生育率随着工资率的增加而上升，最终趋于平缓，这表明，工资率的增加有助于缓解生育压力，但随着工资率的上升，个体机会成本也在上升，在工资率到达一定值的时候会对生育率起到抑制作用。

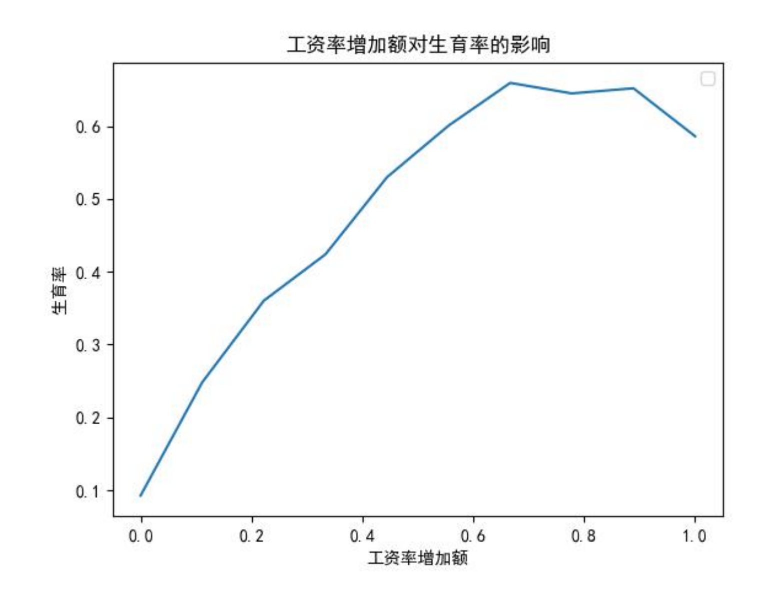



图 17　工资率验证

**4．代际支持**

本处代际支持指的是指老年一代向年轻一代提供的看护孩子时间上的支持。如下图所示，随着老年一代看护孩子时间占孩子需要的总看护时间比例的增加，生育率不断上升，最后趋于平缓，表明代际支持对生育率具有显著的正向影响。这一趋势可能反映了老年一代的更多投入到孩子的照顾和教育中，从而减轻了年轻一代在子女抚养上的负担，从而提高了生育率。

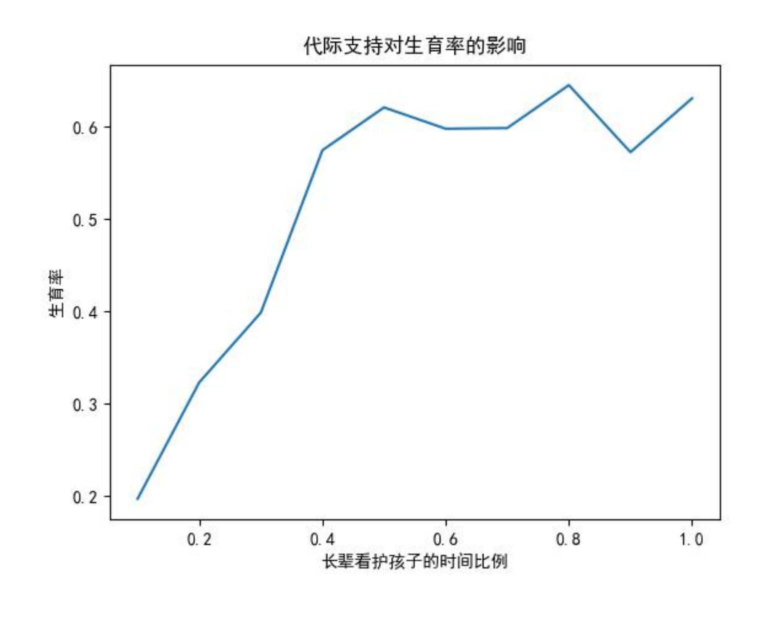



图 18　代际支持验证

（三）不同人口结构下的社会经济变动

本节有三点假定：

假定 1：社会中存在年轻型社会和老龄型社会。假定社会中共 1000 人，年轻型社会 0-20 岁年龄段人数为 370 人，20-40 岁人数为 450，40-60 岁人数为 150 人，60-80 岁以上人口为 25 人，80 以上人群为 5 人。老龄型社会 0-20 岁人数为 300 人，20-40 岁人数为 350 人，40-60 岁人数为 250 人，60-80 岁以上人口为 80 人，80 以上人群为 20 人。

假定 2：年龄结构与 $\beta$ 存在一定的关系，即由于不同年龄段对未来财富的重视程度不同，导致 $\beta$ 存在差异。

假定 3：除年龄与 $\beta$ 值之外其余参数及变量均相同。

通过模型模拟不同年龄段下的消费投资需求，得到如下结果，即不同年龄段的居民由于预期的不同，对消费和投资有不同的态度和行为，如 0-20 岁的人群主要经济来自于家庭的支持，大部分收入会用于消费。20-65 岁的人群通常有一定稳定的收入，这一年龄段的人对未来财富比较看重，往往会进行更多的储蓄和投资。65 岁以上的退休人群不再工作，收入主要来自退休金、储蓄和投资收益。且更加注重当前的生活品质，会减少消费和投资。总体而言，不同年龄结构下的社会具有不同的经济状况，即使人口数量一样，只要年龄结构不同，社会商品需求，投资需求，以及劳动力供给会存在明显的区别。

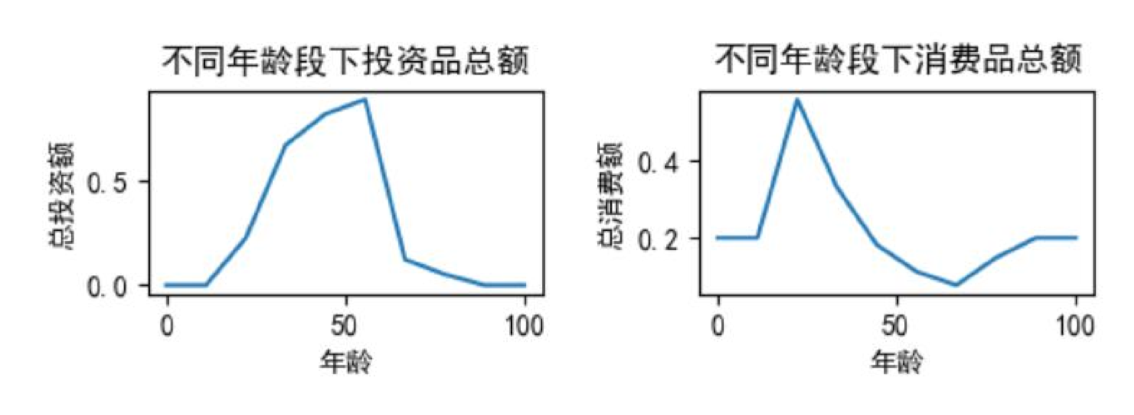



图 19　不同年龄段下的投资与消费

下表根据年轻型社会与老龄姓人口社会不同人口年龄结构，得到当前社会经济消费水平。一个社会中年轻人口占比较大时，消费会更加活跃；而老年人口占比较大时，消费需求会相对减少，投资需求则会增加。同理可以验证，不同的财

富结构、工资率结构等都会影响经济社会的变化，进一步影响人口结构，即经济社会与人口发展密不可分。

表 2　不同年龄结构下的投资与消费总额

| 年龄段 | 投资 | | 消费 | |
|---|---|---|---|---|
| | 年轻型社会 | 老龄型社会 | 年轻型社会 | 老龄型社会 |
| 0-20 岁 | 0 | 0 | 148 | 120 |
| 20-40 岁 | 402.57 | 313.11 | 400.0698 | 311.17 |
| 40-60 岁 | 255.78 | 426.29 | 44.22 | 73.71 |
| 60-80 岁 | 8.52 | 27.26 | 1.48 | 4.744 |
| 80 岁以上 | 0.84 | 3.37 | 1.16 | 4.63 |
| 总额 | 667.71 | 770.03 | 594.93 | 514.24 |

## 五、结论

本文运用微观效用极大化规则，利用智能微元技术，构建了一个包含经济决策、婚姻匹配和生育决策的自适应系统，该系统的构建考虑到了个体的经济状况、受教育水平、家庭成员等多维度特征，结合居民部类的微观背景以及人口学基本逻辑，其可以模拟异质性个体在婚姻、生育、经济上的决策。

微观验证结果显示，该模型的参数设置符合微观经济学原理。在宏观层面上，该研究验证了不同政策对人口结构的影响，并指出人口结构变动会对经济社会产生影响，强调了人口和经济之间的相互作用与紧密联系。综上，本文验证了异质性个体行为在不同经济环境和政策变动下的变化趋势与现实一致。

本研究通过基于人工智能的自适应系统，为人口与经济研究提供了一个全新的视角，可以更好地理解人口与经济之间的复杂相互作用。微观验证和宏观验证的结果具有逻辑性和实用性，为深入探讨人口与经济关系提供了新的工具。一旦模型中的参数如同动态随机一般均衡模型(DSGE 模型)那样得以全面的估计,对于现实政策的模拟就可以实现。

## 六、不足与展望

由于篇幅限制，本文内容仅限于系统的构建和初步验证，没有将现实数据进行带入。后续通过详细的人口统计数据，包括不同地区、年龄、收入水平等，来对模型参数所服从的分布进行估计，进一步研究将集中在使用决策模拟系统进行

政策模拟分析，例如，可以模拟提高或降低结婚年龄限制、调整育儿假期长度、提供生育补贴或税收优惠等措施对婚姻市场和生育意愿的影响，还可以用于预测未来人口老龄化趋势对劳动力市场和经济增长的潜在影响，为制定应对策略提供依据。

本文的决策模拟系统通过深入研究婚姻和生育决策对人口及经济的影响规律，不仅有助于更准确地把握人口结构变化的趋势，而且对于理解经济长期变动具有重要意义。研究成果可以为政府制定更为针对性的政策，以促进人口结构的合理调整，实现经济社会的可持续发展。

总结而言，本文所构建的决策支持系统能够帮助研究者和政策制定者更好地理解人口结构与社会经济。通过利用实际人口数据，进行更深入的政策模拟，以期为解决实际问题提供更具体的指导和建议。

参考文献

风笑天.从两个到一个：城市两代父母生育意愿的变迁.南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学),2017,54(4):74-87,159.

苏炳南.影响我国生育率变化的经济社会因素及其应对[J].社会科学动态,2022(02):21-26.

邱幼云.三孩新政下城市已婚女青年的生育意愿及影响因素——三个理论假说的中国检验[J].中国青年研究,2022(03):22-30+21.

陆旸,蔡昉.人口结构变化对潜在增长率的影响:中国和日本的比较[J].世界经济,2014,37(01):3-29.

汤小庆,戚亦浓,杨华磊.放松生育管控对劳动供给的影响研究:来自中国全面二孩政策的经验证据[J].中国人力资源开发,2023,40(05):101-114.

赵昕东,王烨.隔代照料对劳动供给的影响研究[J].经济评论,2021,(01):127-145.

蔡昉,王美艳.如何解除人口老龄化对消费需求的束缚[J].财贸经济,2021,42(05):5-13.

孙亮亮,蒋耒文.中国人口结构变动下的家庭户消费模式——基于狄利克雷模型的多时点分析[J].人口与经济,2021,(05):56-68.

顾欣,应珊.我国城镇居民不同收入组群的消费结构研究[J].湖北大学学报哲学社会科学版,2018,45(6):123-130.

齐明珠,张成功.人口老龄化对居民家庭投资风险偏好的影响[J].人口研究,2019,43(01):78-90.

欧阳汉.宏观经济复杂自适应系统构建[D].厦门大学,2017.

Wakabayashi M. The Retirement Consumption Puzzle in Japan [J]. *Journal of Population Economics*,2008(4):983-1005.6

Wang H, Hanna S D. Does risk tolerance decrease with age?[J]. *Financial Counseling and Planning*, 1997, 8(2).

Calvet L E,Sodini P.Twin Picks:Disentangling the Determinants of Risk-Taking inHousehold Portfolios[J].*The Journal of Finance*,2014,69(2):867-906.

Becker G S. A treatise on the family: Enlarged edition[M]. Harvard university press, 1993.

Christensen H T, Philbrick R E. Family size as a factor in the marital adjustments of college couples[J]. *American Sociological Review*,1952,17(3):306-312.

Udry JR. The social context of marriage[M]. Lippincott, 1971.

Rasul I. Household bargaining over fertility: Theory and evidence from Malaysia[J]. *Journal of Development Economics*，2008,86(2):215-241.

Macal, C M and North, M J. Agent-based modeling and simulation: Desktop ABMS[C]. Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2007, 12: 9-12.

Ligmann-Zielinska A, Jankowski P. Agent-based models as laboratories for spatially explicit planning policies[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2007, 34(2): 316-335.

Boero R, Squazzoni F. Does empirical embeddedness matter? Methodological issues on agent-based models for analytical social

science[J]. *Journal of artificial societies and social simulation*, 2005, 8(4).

Crooks A, Castle C, Batty M. Key challenges in agent-based modelling for geo-spatial simulation[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2008, 32(6): 417-430.

Macal C M, North M J. Tutorial on agent-based modeling and simulation part 2: how to model with agents[C].Proceedings of the 2006 Winter simulation conference. IEEE, 2006: 73-83.

Farmer J D, Foley D. The economy needs agent-based modelling[J]. *Nature*, 2009, 460(7256): 685-686.

Gaffard J L, Napoletano M. Improving the toolbox: New advances in agent-based and computational models[J]. *Revue de l'OFCE*, 2012 (5): 7-13.

Napoletano M, Gaffard J L, and Babutsidze Z. Agent based models a new tool for economic and policy analysis[J]. 2012.

Dawid H, Gemkow S, and Harting P, et al. Agent-based macroeconomic modeling and policy analysis: The eurace@ unibi model[J]. *The Oxford Handbook of Computational Economics and Finance*，2014.